



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.02.2001 Patentblatt 2001/09

(51) Int. Cl.⁷: **B60T 8/48, B60T 8/40,
B60T 13/68**

(21) Anmeldenummer: **00118540.4**

(22) Anmeldetag: **25.08.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:
**Continental Teves & Co. oHG
60488 Frankfurt am Main (DE)**

(72) Erfinder: **Drumm, Stefan A.
55291 Saulheim (DE)**

(30) Priorität: **25.08.1999 DE 19940255
02.03.2000 DE 10010242**

(54) **Bremsanlage für Kraftfahrzeuge und Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage**

(57) Die Erfindung betrifft eine Bremsanlage, die in drei Betriebsarten betrieben werden kann, einer muskelkraftbetriebenen, unverstärkten Betriebsart, einer Hydraulikverstärker- Betriebsart und einer elektronisch geregelten Betriebsart, wobei die Bremsanlage einen Hauptzylinder (1) aufweist, einen ersten Kolben (2), der mit einem Bremspedal (3) gekoppelt ist, einen zweiten Kolben (4), der den Hauptzylinder betätigt und einen dritten Kolben (5), der vom ersten Kolben (2) betätigbar ist, wobei zwischen dem ersten und dem dritten Kolben (5) mindestens ein elastisches Element (6,7) vorgesehen ist und alle drei Kolben (2,4,5) in einem Gehäuse

(8) angeordnet sind. Weiterhin ist eine hydraulische Druckquelle vorgesehen und eine Ventileinrichtung (10) zum Reduzieren des Drucks der Druckquelle (9) auf einen Druckwert, der in einen Zwischenraum (11) eingespeist wird, wobei der zweite Kolben (4) und der dritte Kolben (5) durch den Zwischenraum (11) voneinander getrennt sind, so daß der dritte Kolben (5) durch den den zweiten Kolben (4) beaufschlagenden Druck in der der Beaufschlagungsrichtung des zweiten Kolbens entgegengesetzten Richtung beaufschlagt wird.

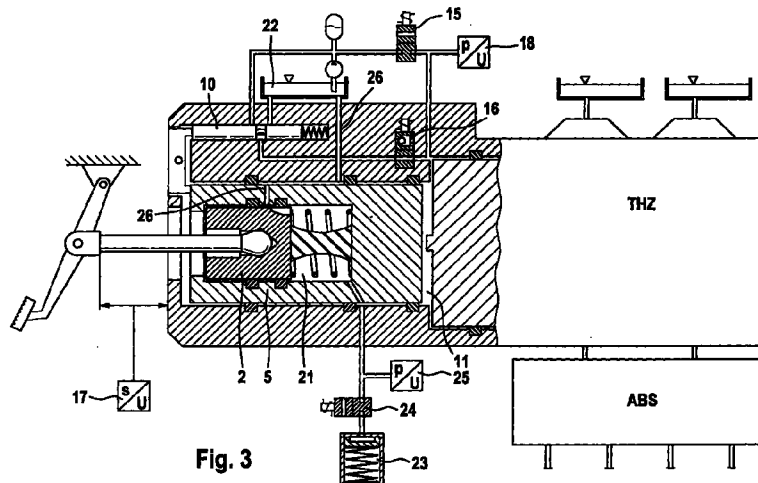


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Bremsanlage für Kraftfahrzeuge und ein Verfahren zum Betreiben dieser Bremsanlage, wobei die Bremsanlage einen Hauptzylinder aufweist, an den Radbremszylinder anschließbar sind, einen ersten Kolben, der mit einem Bremspedal gekoppelt ist, einen zweiten Kolben, der den Hauptzylinder betätigt, einen dritten Kolben, der vom ersten Kolben betätigbar ist, wobei zwischen dem ersten und dem dritten Kolben mindestens ein elastisches Element vorgesehen ist, und alle drei Kolben in einem Gehäuse angeordnet sind, und eine hydraulische Druckquelle sowie eine Ventileinrichtung zum Reduzieren des Drucks der Druckquelle auf einen Wert, mit dem der zweite Kolben beaufschlagbar ist.

[0002] In der Kraftfahrzeugtechnik finden Brake-by-Wire- Bremssysteme eine immer größere Verbreitung. Bei diesen Bremssystemen kann die Bremse auch ohne aktives Zutun des Fahrers aufgrund elektronischer Signale "fremd-" betätigt werden. Diese elektronischen Signale können beispielsweise von einem elektronischen Stabilitätsprogramm ESP oder einem Abstandsregelsystem ACC ausgegeben werden. Kommt es zu einer Überlagerung einer derartigen Fremdbetätigung mit einer Fahrerbetätigung, so spürt der Fahrer des Kraftfahrzeugs eine Rückwirkung im Bremspedal. Dieser Rückwirkungseffekt auf das Bremspedal kann für den Fahrer ungewohnt und unangenehm sein, so daß der Fahrer in einer kritischen Situation des Straßenverkehrs das Bremspedal nicht so stark betätigt wie es in dieser Situation notwendig wäre, da er durch die von der Fremdbetätigung der Bremse verursachte Rückwirkung auf das Bremspedal irritiert wird.

[0003] Die DE 197 03 776 A1 beschreibt einen Bremsdruckgeber mit einer Bremskraftverstärkung in einer hydraulischen Kraftfahrzeugbremsanlage, bei der die vom Fahrer aufgebrachte Pedalkraft auf einen Verstärkerkolben übertragbar ist, der zusätzlich durch den Druck einer Verstärkerpumpe beaufschlagbar ist. Der von der Verstärkerpumpe in einer Verstärkerkammer aufbaubare Druck ist durch ein Drucksteuerventil steuerbar, dessen Ventilkörper durch einen Proportionalmagneten elektromagnetisch betätigbar ist. Der Proportionalmagnet wird hierbei durch Meßwerte, die von einem Bremspedal gewonnen werden oder durch die Vorgaben einer Regeleinrichtung zur Regelung des Bremsschlupfs oder Antriebsschlupfs gesteuert. Durch die elektromagnetische Betätigung des Drucksteuerventils kann der hydraulische Bremskraftverstärker unabhängig von einer vorliegenden Fahrerbetätigung des Bremspedals fremdbetätigt werden, wobei dies jedoch zu einem Durchsinken des Bremspedals auf einen der Intensität der Fremdbremse entsprechenden Pedalbetätigungswert zur Folge hat. Für die Betätigung des Hauptzylinders unabhängig von der Stellung des Bremspedals ist ein komplizierter Gesamtaufbau notwendig, was die Herstellung dieses Bremsdruckge-

bers verteuert.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Bremsanlage und ein Verfahren zum Betätigen einer Bremsanlage zu schaffen, die eine vom Betätigungszustand der Bremsanlage unabhängige Bremspedalcharakteristik aufweisen, wobei die Bremsanlage durch einen einfachen Aufbau kostengünstig hergestellt werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der zweite und der dritte Kolben durch einen Zwischenraum voneinander getrennt sind, so daß der dritte Kolben durch einen den zweiten Kolben beaufschlagenden Druck in der der Beaufschlagungsrichtung des zweiten Kolbens entgegengesetzten Richtung beaufschlagt wird, wodurch der dritte Kolben in seiner Ausgangsstellung stehen bleibt.

[0006] Hierdurch wird mit der erfindungsgemäßen Bremsanlage eine absolute Entkopplung des Bremspedals erreicht. Der im Zwischenraum vorliegende Druck betätigt den zweiten Kolben, der den Hauptzylinder betätigt. Der dritte Kolben wird durch den im Zwischenraum vorhandenen Druck unabhängig vom Betätigungsweg des Hauptzylinders in die entgegengesetzte Richtung gedrückt. Die Verbindung des ersten Kolbens und des dritten Kolbens erfolgt über elastische Elemente. Das Bremspedal ist vollkommen rückwirkungsfrei, d.h. sein Betätigungszustand ist unabhängig vom Betätigungsweg des Hauptzylinders.

[0007] Der erste Kolben kann mit einem am dritten Kolben ausgebildeten Anschlag zusammenwirken, wobei bei unbetätigtem Bremspedal der erste Kolben durch die elastischen Elemente an den Anschlag gedrückt wird.

[0008] Weiterhin kann der dritte Kolben mit einem im Gehäuse ausgebildeten Anschlag zusammenwirken, wobei der dritte Kolben durch den im Zwischenraum herrschenden Druck oder eine durch mechanischen Kontakt vom zweiten Kolben ausgeübte Kraft gegen den Anschlag im Gehäuse angedrückt wird.

[0009] Wird der Zwischenraum mit Bremsdruck beaufschlagt, der nicht auf einer Betätigung des Bremspedals, sondern auf elektronischen Signalen, beispielsweise eines ASR- oder ESP- Systems, beruht, betätigt der zweite Kolben aufgrund des Drucks im Zwischenraum den Hauptzylinder. Der dritte Kolben wird durch den Druck im Zwischenraum gegen den Anschlag gedrückt, der am Gehäuse der Bremsanlage ausgebildet ist.

Der erste Kolben, mit dem das Bremspedal verbunden ist, wird bei unbetätigtem Pedal durch die Federkraft der elastischen Elemente gegen einen im dritten Kolben ausgebildeten Anschlag gedrückt. Das Bremspedal bleibt somit bei einer Fremdbetätigung (fremd im Sinne, daß nicht der Fahrer den Bremsdruck durch Betätigen des Bremspedals erzeugt) in seiner Ausgangsstellung und kann unabhängig vom Fremdbetätigungszustand vom Fahrer betätigt werden. Der Fahrer spürt bei gleichzeitiger Fahrer- und Fremdbetätigung der Bremse

weder eine Rückwirkung im Bremspedal noch eine Veränderung der Bremspedalcharakteristik.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Anschlag des dritten Kolbens als ein Betätigungselement der Ventileinrichtung ausgebildet.

[0011] Weiterhin kann eine mittels einer elektronischen Steuereinheit elektrisch betätigbare zweite Ventileinrichtung vorgesehen sein, mit der der im Zwischenraum vorliegende Druck beeinflussbar ist.

[0012] Ebenso kann ein Wegsensor zum Erfassen des Bremspedalweges bzw. des Betätigungsweges des ersten Kolbens vorgesehen sein, dessen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit zugeführt wird. Ebenso kann ein Drucksensor zum Erfassen des im Zwischenraum herrschenden hydraulischen Drucks vorgesehen sein, dessen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit zugeführt wird.

[0013] Ebenso kann die hydraulische Druckquelle durch einen Hochdruckspeicher gebildet sein, der von einer motorgetriebenen Pumpe gespeist wird und zur Überwachung des Ladezustands des Hochdruckspeichers sowie zur Steuerung der Pumpe können Mittel vorgesehen sein.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform begrenzt der erste Kolben im dritten Kolben eine das elastische Element aufnehmende Kammer, die mit Druckmittel gefüllt ist und die im unbetätigten Zustand der Bremsanlage mit einem Druckmittelvorratsbehälter in Verbindung steht. Die Verbindung zwischen der Kammer und dem Druckmittelvorratsbehälter ist absperrbar durch die Bewegung des dritten Kolbens relativ zum Gehäuse. Wenn der dritte Kolben nach Betätigen des Bremspedals in Richtung des zweiten Kolbens bewegt wird, wird die Verbindung unterbrochen, so daß das in der Kammer vorhandene Druckmittel nicht mehr in den Druckmittelvorratsbehälter entweichen kann. In diesem Betriebszustand verhindert das in der Kammer eingeschlossene Druckmittel eine weitere Deformation der elastischen Elemente.

[0015] Ebenso kann die Verbindung zwischen der Kammer und dem Druckmittelvorratsbehälter durch die Bewegung des ersten Kolbens relativ zum dritten Kolben absperrbar sein, wobei die Kammer mit einer Simulatoranordnung verbunden ist. Die Verbindung zwischen der Kammer und der Simulatoranordnung kann hierbei mittels eines elektromagnetisch betätigbaren Ventils absperrbar sein.

[0016] Weiterhin kann ein Drucksensor zum Erfassen des in der Kammer herrschenden Druckes vorgesehen sein.

[0017] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ebenso durch ein Verfahren zum Betreiben der Bremsanlage gelöst, das drei verschiedene Betriebsarten enthalten kann, wobei in einem ersten Betriebsmodus, der durch einen Ausfall der Druckquelle charakterisiert ist, der dritte Kolben den zweiten Kolben mechanisch betätigen kann. In diesem Fall liegt kein hydraulischer Druck vor und das Fremdkraftmodul ist außer Funktion. Der dritte

Kolben bewegt sich unter Einfluß einer Bremspedalbetätigung von einer Anschlagstellung an der Ventileinrichtung weg und verschiebt den zweiten Kolben durch mechanischen Kontakt. In diesem Fall erfolgt die Betätigung des Hauptzylinders ausschließlich durch die vom Fahrer über das Bremspedal eingeleitete Kraft.

Die Bremsanlage kann in einem zweiten Betriebsmodus betrieben werden, in dem der im Zwischenraum herrschende Druck durch die Ventileinrichtung eingestellt wird. Diese Betriebsart ist automatisch aktiv, solange der Hochdruckspeicher unter Druck stehendes Druckmittel, z.B. Hydraulikflüssigkeit abgeben kann und keines der Elektromagnetventile der zweiten Ventileinrichtung bestromt wird. In dieser Hydraulikverstärker-Betriebsart liegt eine lineare Kraftverstärkung vor, deren Verstärkungsfaktor durch das Verhältnis der Querschnittsfläche des zweiten Kolbens zur Querschnittsfläche des dritten Kolbens fest vorgegeben ist. Dieser zweite Betriebsmodus arbeitet mit einer unterlagerten hydraulischen Wegregelung, die den dritten Kolben in unmittelbarer Nähe seines Anschlags hält. Dieser Betriebsmodus funktioniert abgesehen von einem möglichen elektrischen Antrieb der Druckversorgungspumpe auch ohne Elektrizität.

[0018] In einem dritten Betriebsmodus der Bremsanlage wird der im Zwischenraum herrschende Druck mit Hilfe der zweiten Ventileinrichtung auf einen gegenüber dem zweiten Betriebsmodus erhöhten Wert geregelt. Der dritte Betriebsmodus wird zur elektronischen Regelung von Bremsvorgängen verwendet. In dieser Betriebsart wird die zweite Ventileinrichtung so angesteuert, daß der Druck in der Betätigungskammer einem fortlaufend neu berechneten Sollwert nachgeführt wird. Dazu kann durch Bestromen eines Trennventils der Volumenstrom von der Betätigungskammer in das hydromechanische Verstärkerventil unterbunden werden, die Möglichkeit des umgekehrten Volumenstroms von der Ventileinrichtung zum Druckaufbau in der Betätigungskammer bleibt jedoch erhalten. Dies stellt sicher, daß der Betätigungsdruck unabhängig von den Aktivitäten der elektronischen Druckregelung nicht unter den über den zweiten Betriebsmodus definierten, vom Fahrer vorgegebenen und hydraulisch verstärkten Druck fallen kann. Im dritten Betriebsmodus kann über ein Druckaufbauventil elektronisch gesteuert ein höherer Betätigungsdruck eingestellt werden, als der, den die erste Ventileinrichtung, beispielsweise ein hydromechanisches Verstärkerventil, vorgeben würde. Im Zwischenraum wirkt daher stets das Maximum aus elektronisch geregelter Betätigungsdruck und durch den Fahrer vorgegebenem, linear verstärktem Druck.

[0019] Die erfindungsgemäße Bremsanlage wird vorzugsweise im dritten Betriebsmodus betrieben, in dem der Betätigungsdruck elektronisch geregelt wird. Dadurch ist das Übertragungsverhalten des Bremssystems von der Fahrervorgabe zur Bremswirkung im Rahmen der technischen Gegebenheiten frei wählbar. Daher können eine sogenannte Springerfunktion (das

Springen auf einen vorgegebenen Bremsdruckwert beim Antippen des Bremspedals), eine Bremsassistentenfunktion, eine Verzögerungsregelung und ein autonomes Bremsen, wie es beispielsweise für ASR, ESP und ACC benötigt wird, durch Softwaremaßnahmen realisiert werden. Dazu wird die Fahrervorgabe in Form einer Bremspedalbetätigung, die durch Weg-, Kraft oder sonstige Sensoren erfaßt wird, von einer Recheneinheit durch Anwendung geeigneter Algorithmen mit einer eventuellen Anforderung einer autonomen Bremsung verknüpft und in Radbremsdrücke umgerechnet, die mit Hilfe der elektronisch schaltbaren Ventile im Fremdkraft-Bremsmodul und der nachgeschalteten ABS-Hydraulik realisiert werden.

[0020] Im folgenden werden Beispiele der Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Aufbau der erfindungsgemäßen Bremsanlage gemäß einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 den Aufbau einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform der Bremsanlage, und

Fig. 3 eine dritte erfindungsgemäße Ausführungsform der Bremsanlage.

[0021] Figur 1 zeigt die erfindungsgemäße Bremsanlage. Die Bremsanlage weist ein Bremspedal 3 auf, das über eine Betätigungsstange 27 mit einem ersten Kolben 2 fest verbunden ist. Der Bremspedalweg kann über einen Wegsensor 17 erfaßt werden. Der erste Kolben 2 ist in einem dritten Kolben 5 angeordnet, wobei zwischen dem ersten und dem dritten Kolben eine Kammer 21 angeordnet ist, in der elastische Elemente 6, 7 eine Kopplung zwischen dem ersten und dem dritten Kolben bewirken.

[0022] Weiterhin ist ein zweiter Kolben 4 vorgesehen, der einen Hauptzylinder 1 betätigt. Der Hauptzylinder 1 kann über ein steuerbares ABS-System 28 an die Radbremsen angeschlossen sein.

[0023] Der erste, zweite und dritte Kolben sind in einem Gehäuse 8 untergebracht. Zwischen dem dritten Kolben 5 und dem zweiten Kolben 4 befindet sich ein Zwischenraum 11, der mit Druckmittel befüllbar ist. Die Steuerung des Drucks in dem Zwischenraum 11 geschieht im zweiten Betriebsmodus auf folgende Weise: Der Fahrer bewegt bei Betätigung des Bremspedals 3 den ersten Kolben 2 entgegen der Federkraft der elastischen Elemente 6 und 7. Die elastischen Elemente 6 und 7 sind so ausgeführt, daß sie dem Fahrer das Bremsgefühl vermitteln, das einer üblichen Bremspedalcharakteristik entspricht. Dies bedeutet, daß bei geringem Bremspedalweg der Widerstand langsam ansteigt und bei größerem Bremspedalweg überproportional

zunimmt. Durch Betätigen des Bremspedals 3 kann nun auch der dritte Kolben 5 in Richtung des zweiten Kolbens bewegt werden, wodurch bereits nach einem sehr geringen Fahrweg eine Ventileinrichtung 10, beispielsweise ein hydromechanisches Verstärkerventil, über ein Betätigungselement 14 betätigt wird, das in der dargestellten Ausführungsform um eine Drehachse 30 drehbar gelagert ist. Andere Ausführungsformen, wie beispielsweise eine direkte Betätigung der Ventileinrichtung ohne Zuhilfenahme eines Hebels sind möglich. Bewegt sich der dritte Kolben 5 ein wenig in Richtung des zweiten Kolbens 4, wird die Ventileinrichtung 10 so geschaltet, daß eine Verbindung 29 zwischen dem Zwischenraum 11 und einer hydraulischen Druckquelle 9, die durch einen Hochdruckspeicher 19 gebildet ist, der von einer motorgetriebenen Pumpe 20 gespeist wird, hergestellt wird. Die Pumpe 20 ist wiederum mit einem Druckmittelvorratsbehälter 22 verbunden. Der Hochdruckspeicher 19 unterstützt die Pumpe 20 vor allem in den Fällen, in denen beispielsweise bei einer schnellen Vollbremsung in kurzer Zeit Druck aufgebaut werden muß, den die Pumpe aufgrund ihrer Massenträgheit nicht sofort bereitstellen kann. Über die Verbindung 29 wird der Zwischenraum 11 mit Druck beaufschlagt, wodurch der zweite Kolben den Hauptzylinder 1 betätigt, und der dritte Kolben 5 wieder in Richtung eines Anschlags 13 am Betätigungselement 14 gedrückt wird, an dem der dritte Kolben 5 vor Betätigen der Bremse anlag. Ein Ventil 15, ein Druckaufbauventil, ist im unbestromten Zustand geschlossen und ein Ventil 16, in der dargestellten Ausführungsform ein Trennventil, ist im unbestromten Zustand geöffnet, so daß die Pumpe 20 beziehungsweise der Hochdruckspeicher 19 den Zwischenraum 11 über die Verbindung 29 mit Druck beaufschlagen kann. Ein Drucksensor 18 kann den in dem Zwischenraum 11 vorliegenden Druck erfassen. In dem später näher ausgeführten ersten und zweiten Betriebsmodus sind die beiden Ventile 15, 16 unbestromt und wie in Fig. 1 dargestellt geschaltet. Im dritten Betriebsmodus kann durch Bestromen des Trennventils 16 ein Abfließen von Druckmittel aus dem Zwischenraum 11 über die Ventileinrichtung 10 unterbunden, und durch Bestromen des Druckaufbauventils 15 kann dem Zwischenraum 11 Druckmittel zugeführt werden.

[0024] Im unbetätigten Zustand des Bremspedals wird der erste Kolben über die elastischen Elemente 6 und 7 gegen einen Anschlag 12 angedrückt, der im dritten Kolben 5 ausgebildet ist. Der Fahrer empfindet im zweiten und dritten Betriebsmodus bei Betätigung des Bremspedals 3 eine Bremspedalcharakteristik, die durch die elastischen Elemente 6 und 7 vorgegeben ist.

[0025] Im ersten Betriebsmodus, der durch das Fehlen eines hydraulischen Drucks im Druckspeicher 19 charakterisiert ist, kann die Bremsanlage rein mechanisch betätigt werden, der dritte Kolben 5 bewegt sich unter Einfluß einer Bremspedalbetätigung von seinem Anschlag 13 weg und verschiebt den zweiten Kol-

ben 4 durch mechanischen Kontakt. Die Betätigung des Hauptzylinders 1 erfolgt ausschließlich mit Muskelkraft.

[0026] Im zweiten Betriebsmodus, d.h. in einer Hydraulikverstärker- Betriebsart, bleiben die elektromagnetischen Ventile 15 und 16 der zweiten Ventileinrichtung unbestromt. Dadurch kann die Ventileinrichtung 10, das hydromechanische Verstärkerventil, den Betätigungsdruck im Zwischenraum 11 regeln und so eine Bremskraftverstärkung bewirken. Die hydraulische Verstärkung funktioniert ohne Elektrizität, solange der Hochdruckspeicher unter Druck stehende Hydraulikflüssigkeit abgeben kann. Es liegt eine lineare Kraftverstärkung vor, deren Verstärkungsfaktor durch das Verhältnis der Querschnittsflächen von zweitem Kolben 4 zu drittem Kolben 5 fest vorgegeben ist.

[0027] Im dritten Betriebsmodus wird durch Ansteuern der zweiten Ventileinrichtung 16 der Betätigungsdruck im Zwischenraum 11 einem fortlaufend neu berechneten Solldruckwert nachgeführt. Dazu kann durch Bestromen des Trennventils 16 der Volumenstrom zur Ventileinrichtung 10 unterbrochen werden, die Möglichkeit des umgekehrten Volumenstroms von der ersten Ventileinrichtung 10 durch das Trennventil 16 zum Druckaufbau im Zwischenraum 11 bleibt erhalten. Über das Druckaufbauventil 15 kann elektronisch gesteuert ein höherer Betätigungsdruck eingestellt werden als der, den das hydromechanische Verstärkerventil, die Ventileinrichtung 10, vorgeben würde. Zum elektronisch gesteuerten Druckabbau wird die Bestromung des Trennventils 16 vorübergehend ausgesetzt, so daß Druckmittel zur ersten Ventileinrichtung 10 abfließen kann, die in diesem Betriebszustand eine Verbindung zum Druckmittelvorratsbehälter 22 aufweist. Diese elektronische Betätigungsdruck- Regelung hat den Vorteil, daß ihr Übertragungsverhalten im Rahmen der durch die technischen Daten von Druckspeicher, Druckaufbau- und Trennventil gegebenen Dynamik frei wählbar ist. Daher können eine sogenannte Springerfunktion, d.h. das Springen auf einen vorgegebenen Bremsdruckwert beim Antippen des Bremspedals 3, eine Bremsassistentenfunktion, eine Verzögerungsregelung und ein autonomes Bremsen, wie es beispielsweise für ASR (Antriebs- Schlupf Regelung), ESP (Elektronisches Stabilitäts- Programm) und ACC (Adaptive Cruise Control) benötigt wird, durch Softwaremaßnahmen realisiert werden. Hierfür wird die Fahrervorgabe in Form einer Bremspedalbetätigung, die durch Weg-, Kraft- oder sonstige Sensoren erfaßt wird, von einer nicht dargestellten Recheneinheit durch Anwendung geeigneter Algorithmen in Radbremsdrücke umgerechnet, die mit Hilfe der elektronisch schaltbaren Ventile im Fremdkraft- Bremsmodul und der nachgeschalteten ABS- Hydraulik realisiert werden.

[0028] In Figur 2 ist eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform dargestellt, in der der elastischen Elemente 6, 7 aufnehmende Zwischenraum 21 im Gegensatz zur Ausführungsform von Figur 1 zusätzlich mit einem Druckmedium gefüllt ist. Kammer 21 ist über

die Verbindung 26 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 22 verbunden, so daß in der ersten Betriebsart bei leichter Betätigung des Bremspedals 3 der erste Kolben 2 in Richtung des Hauptzylinders verschoben wird. Hat hierbei der dritte Kolben 5 bei Betätigung des Bremspedals 3 einen gewissen Fahrweg im Gehäuse 8 zurückgelegt, wird die Verbindung 26 unterbrochen. Das Nachgeben der elastischen Elemente 6, 7, das im zweiten und dritten Betriebsmodus zur Darstellung der Bremspedalcharakteristik dient, wird durch das eingeschlossene Druckmedium, die Hydraulikflüssigkeit, gestoppt. Dadurch steht im ersten Betriebsmodus der volle Bremspedalweg zur Betätigung des Hauptzylinders 1 zur Verfügung.

[0029] In Figur 3 wird eine dritte Ausführungsform beispielhaft erklärt. Die Kammer 21 ist wiederum mit Hydraulikflüssigkeit gefüllt und ist mit einer Simulatoranordnung 23 hydraulisch verbunden. Ein elektromagnetisch betätigbares Ventil 24 kann die Verbindung zwischen Kammer 21 und Simulatoranordnung 23 freigeben. Über die Druck- Volumenaufnahme- Charakteristik der Simulatoranordnung 23 wird zusammen mit den elastischen Elementen 6, 7 im zweiten und dritten Betriebsmodus die Bremspedalcharakteristik dargestellt. Durch den Einsatz hydraulischer Blenden insbesondere im Durchlaßquerschnitt des Ventils 24 kann eine Dämpfung der Pedalbewegung erzielt werden. Im ersten Betriebsmodus kann das Ventil 24 gesperrt werden, wodurch die Verbindung zwischen Kammer 21 und Simulatoranordnung 23 unterbrochen wird, so daß auch hier der volle Bremspedalweg zur Betätigung des Hauptzylinders 1 zur Verfügung steht.

[0030] Weiterhin ist die Kammer 21 zum Ausgleich temperaturbedingter Volumenänderungen im unbetätigten Zustand des Bremspedals 3 über die Verbindung 26 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 22 verbunden. Beim Betätigen des Bremspedals 3 und einem Verschieben des ersten Kolbens 2 relativ zum dritten Kolben 5 wird die Verbindung 26 unterbrochen, so daß die Simulatoranordnung 23 mit Druckmittel beaufschlagt wird.

[0031] Besonders vorteilhaft ist an der dritten Ausführungsform, daß die vom Fahrer auf das Pedal ausgeübte Kraft über einen Drucksensor 25 erfaßt werden kann.

[0032] Durch die vorliegende Erfindung wird eine einfach aufgebaute Bremsanlage erreicht, bei der die Bremspedalcharakteristik nicht vom Betätigungs- zustand der restlichen Bremsanlage abhängt, wodurch das Pedalgefühl bei einer Fahrerbremsung durch das gleichzeitige Vorliegen einer Fremdbremsung nicht durch Rückwirkungen gestört werden kann.

[0033] Die Bremsanlage hat weiterhin den Vorteil, daß sie in einem bevorzugten dritten Betriebsmodus betrieben werden kann, in dem der Betätigungsdruck elektronisch geregelt wird und diese Betriebsebene durch zwei gestaffelte Rückfallebenen, die Betriebsmodi zwei und eins, gegen ein Versagen abgesichert ist, wobei bei einem Ausfall der elektronischen Druckre-

gelung die Grundfunktion der Bremse inklusive einer hydromechanischen Bremskraftverstärkung durch automatischen Rückfall in den zweiten Betriebsmodus erhalten bleibt und bei einem Ausfall der hydromechanischen Verstärkung die Bremsanlage durch automatischen Rückfall in den ersten Betriebsmodus unverstärkt das heißt mit Muskelkraft betrieben werden kann.

[0034] Weiterhin hat die erfindungsgemäße Bremsanlage den Vorteil, daß sie einfacher aufgebaut ist als herkömmliche Bremsanlagen. Fahrzeuge mit einer ESP- Funktion benötigen beispielsweise eine spezielle ESP- Hydraulik, die komplizierter ist als eine normale ABS- Hydraulik, da sie im Gegensatz zur ABS- Hydraulik auch die Fähigkeit zum Aufbau von Radbremsdrücken oberhalb des Hauptzylinderdrucks besitzen muß.

[0035] Bei Fahrzeugen mit erfindungsgemäßer Bremsanlage ist eine spezielle ESP- Hydraulik überflüssig - die erfindungsgemäße Fremdbremshydraulik in Verbindung mit einem herkömmlichen ABS- System erbringt eine weit bessere Funktion. Es werden weniger elektromagnetisch betätigbare Ventile benötigt als für eine ESP- Hydraulik. Außerdem weist die erfindungsgemäße Bremsanlage eine bessere Energiebilanz und eine geringere Geräusentwicklung auf, als eine herkömmliche ESP- Hydraulik, weil das dort im ESP- Betrieb erforderliche Umpumpen von Bremsflüssigkeit zum Erzeugen von Staudruck an einem Druckbegrenzungsventil entfällt.

Patentansprüche

1. Bremsanlage für Kraftfahrzeuge mit

- einem Hauptzylinder (1), an den Radbremszylinder anschließbar sind,
- einem ersten Kolben (2), der mit einem Bremspedal (3) gekoppelt ist,
- einem zweiten Kolben (4), der den Hauptzylinder (1) betätigt,
- einem dritten Kolben (5), der vom ersten Kolben (2) betätigbar ist, wobei zwischen dem ersten (2) und dem dritten Kolben (5) mindestens ein elastisches Element (6,7) vorgesehen ist und alle drei Kolben (2,4,5) in einem Gehäuse (8) angeordnet sind,
- sowie mit einer hydraulischen Druckquelle (9) sowie einer Ventileinrichtung (10) zum Reduzieren des Drucks der Druckquelle (9) auf einen Wert, mit dem der zweite Kolben (4) beaufschlagbar ist,

dadurch **gekennzeichnet**, daß

der zweite (4) und der dritte Kolben (5) durch einen Zwischenraum (11) voneinander getrennt sind, so daß der dritte Kolben (5) durch den den zweiten Kolben (4) beaufschlagenden Druck in der der Beaufschlagungsrichtung

des zweiten Kolbens (4) entgegengesetzten Richtung beaufschlagt wird.

2. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß der erste Kolben (2) mit einem am dritten Kolben (5) ausgebildeten Anschlag (12) zusammenwirkt und bei unbetätigtem Bremspedal (3) durch das elastische Element (6,7) an diesen angedrückt wird.
3. Bremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß der dritte Kolben (5) mit einem im Gehäuse (8) ausgebildeten Anschlag (13) zusammenwirkt und durch den im Zwischenraum (11) herrschenden Druck an diesen angedrückt wird.
4. Bremsanlage nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Anschlag (13) des dritten Kolbens (5) als ein Betätigungselement (14) der Ventil-einrichtung (10) ausgebildet ist.
5. Bremsanlage nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine mittels einer elektronischen Steuereinheit elektrisch betätigbare zweite Ventileinrichtung (15,16) vorgesehen ist, mit der der in den Zwischenraum (11) einzuspeisende Druck beeinflussbar ist.
6. Bremsanlage nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Wegsensor (17) zum Erfassen des Bremspedalweges bzw. des Betätigungsweges des ersten Kolbens (2) vorgesehen ist, dessen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit zugeführt wird.
7. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Drucksensor (18) zum Erfassen des im Zwischenraum (11) herrschenden hydraulischen Druckes vorgesehen ist, dessen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit zugeführt wird.
8. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die hydraulische Druckquelle durch einen Hochdruckspeicher (19) gebildet wird, der von einer motorgetriebenen Pumpe (20) gespeist wird.
9. Bremsanlage nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß Mittel zur Überwachung des Ladezustands des Hochdruckspeichers (19) sowie zur Steuerung der Pumpe (20) vorgesehen sind.
10. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch **gekennzeichnet**, daß der erste Kolben (2) im dritten Kolben (5) eine das elastische Element (6,7) aufnehmende Kammer (21) begrenzt, die mit Druckmittel gefüllt ist und die im unbetätigten Zustand der Bremsanlage mit einem Druckmittel-
vorratsbehälter (22) in Verbindung steht. 5

11. Bremsanlage nach Anspruch 10,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Verbindung (26) zwischen der Kammer (21) und dem Druckmittel-
vorratsbehälter (22) durch eine Bewegung des dritten Kolbens (5) relativ zum Gehäuse (8) absperrbar ist. 10

12. Bremsanlage nach Anspruch 10, 15
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Verbindung zwischen der Kammer (21) und dem Druckmittelvorratsbehälter (22) durch eine Bewegung des ersten Kolbens (2) relativ zum dritten Kolben (5) absperrbar ist, wobei die Kammer (21) mit einer Simulatoranordnung (23) verbunden ist. 20

13. Bremsanlage nach Anspruch 12,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Verbindung zwischen der Kammer (21) und der Simulatoranordnung (23) mittels eines elektromagnetisch betätigbaren Ventils (24) absperrbar ist. 25

14. Bremsanlage nach Anspruch 10,
dadurch **gekennzeichnet**, daß ein Drucksensor (25) zum Erfassen des in der Kammer (21) herrschenden Druckes vorgesehen ist. 30

15. Verfahren zum Betreiben einer Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß: 35

- a) in einem ersten Betriebsmodus bei Ausfall der Druckquelle der dritte Kolben (5) den zweiten Kolben (4) mechanisch betätigt, 40
- b) in einem zweiten Betriebsmodus der im Zwischenraum (11) herrschende Druck durch die Ventileinrichtung (10) geregelt wird, und
- c) in einem dritten Betriebsmodus der im Zwischenraum (11) herrschende Druck durch die zweite Ventileinrichtung (15,16) auf einen gegenüber dem zweiten Betriebsmodus erhöhten Wert geregelt wird. 45

16. Verfahren nach Anspruch 15, 50
dadurch **gekennzeichnet**, daß der dritte Betriebsmodus bei elektronisch geregelten Bremsvorgängen verwendet wird.

55

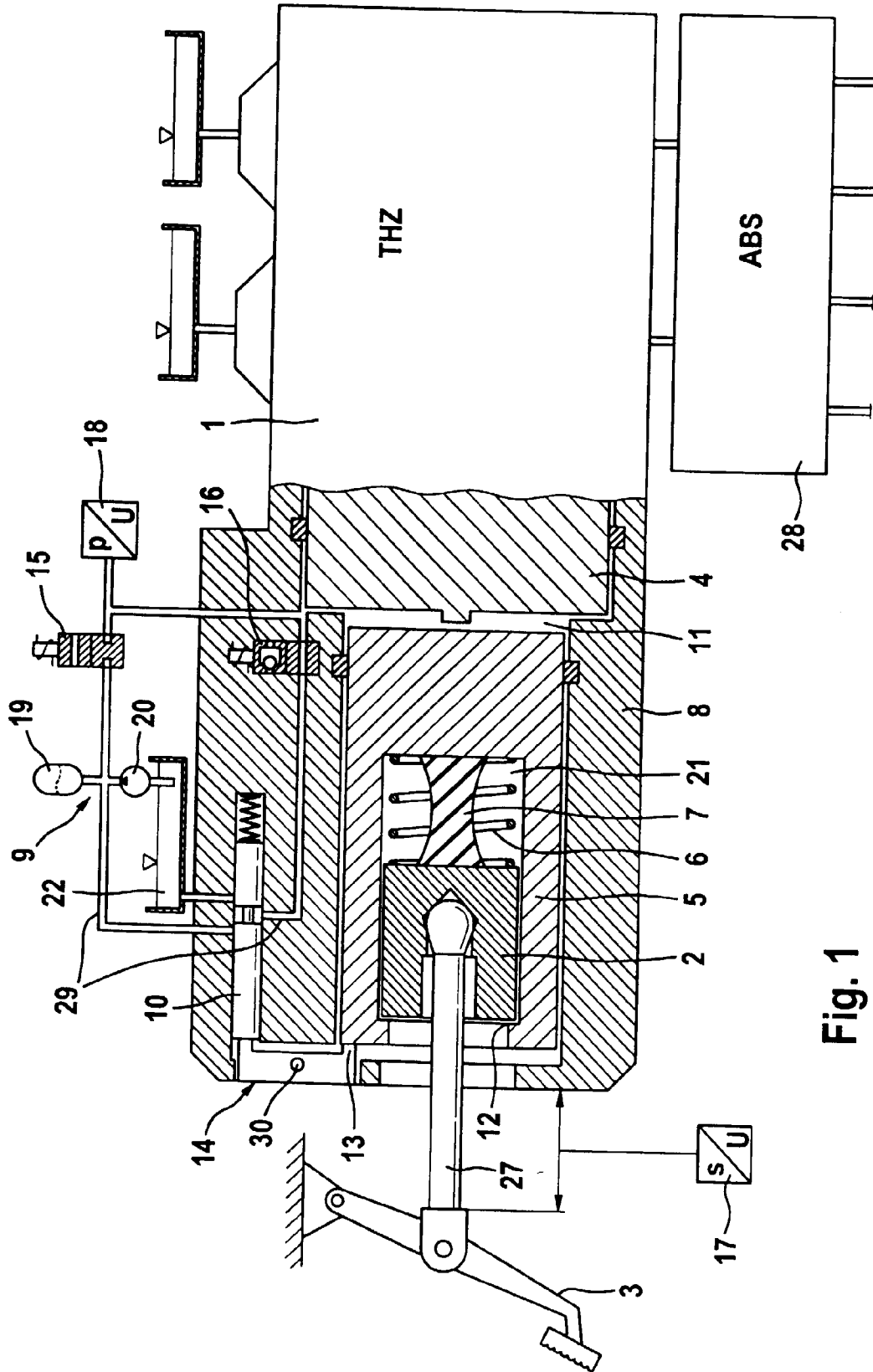


Fig. 1

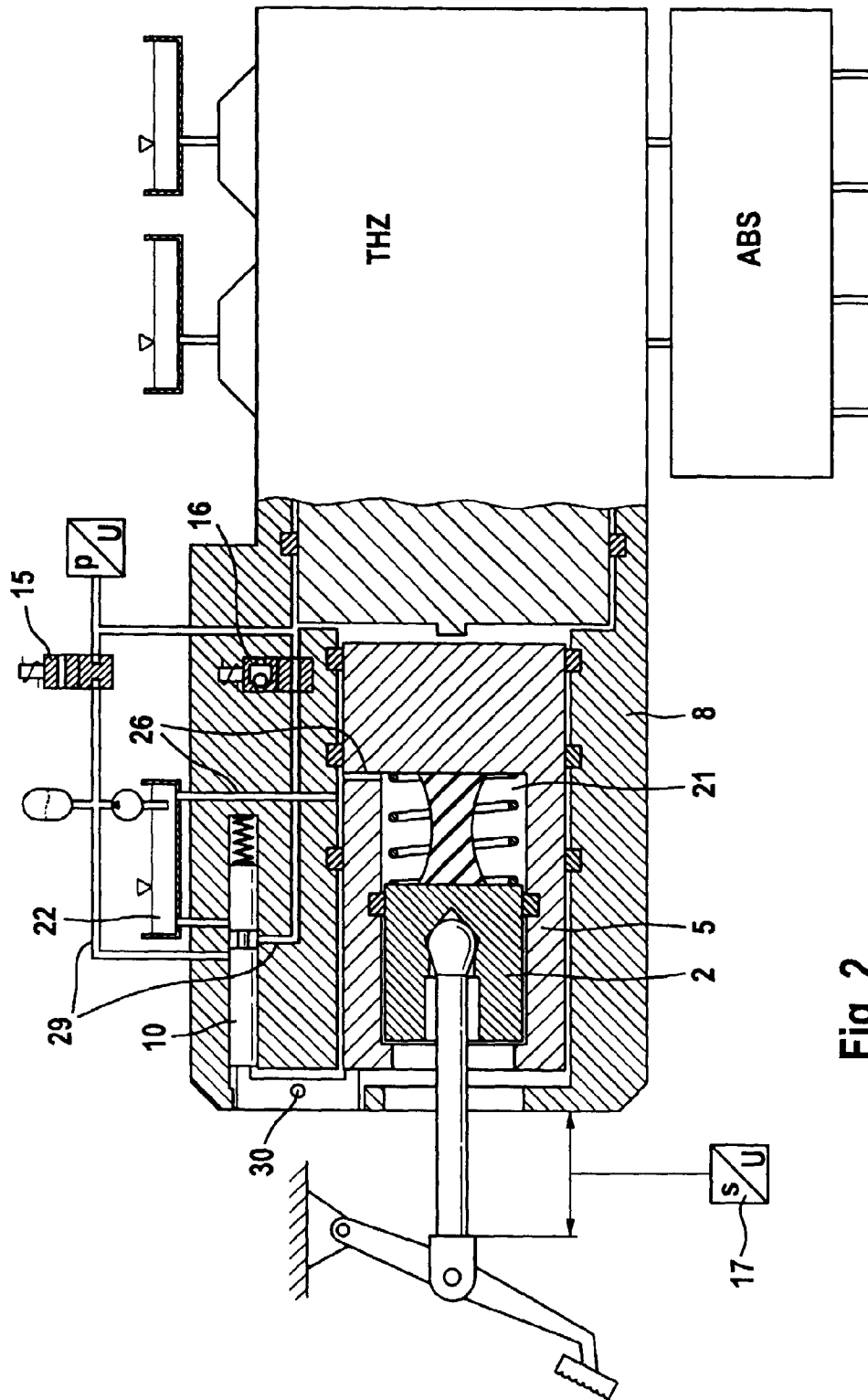


Fig. 2

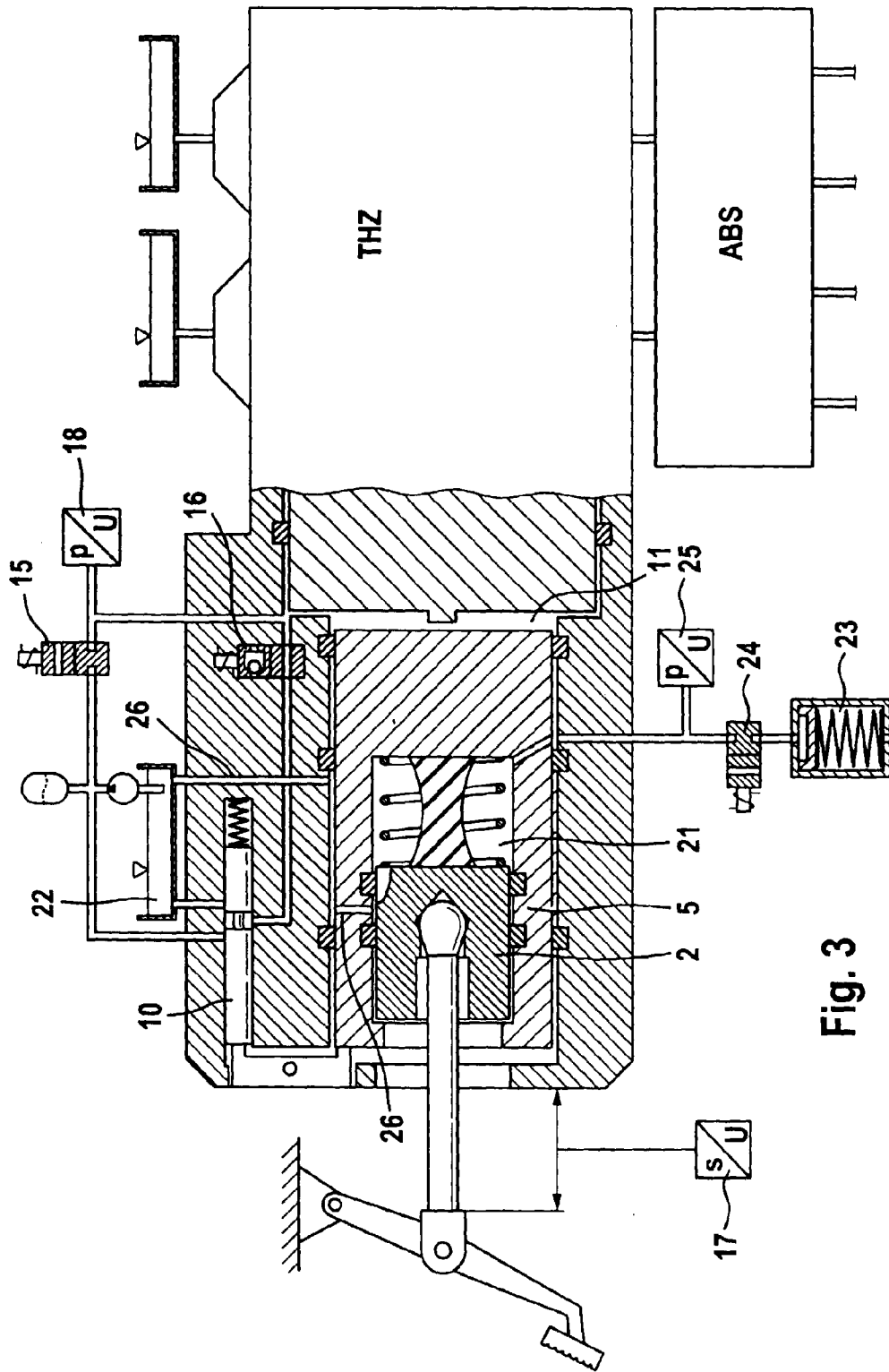


Fig. 3